



Title	New Limit of the G-parity Irregular Weak Nucleon Current Detected in β -Decays of Spin Aligned ^{12}B and ^{12}N
Author(s)	南園, 啓
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41554
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について ご参照 ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	みなみ 南 園 啓
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 14384 号
学位授与年月日	平成11年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	New Limit of the G-parity Irregular Weak Nucleon Current Detected in β -Decays of Spin Aligned ^{12}B and ^{12}N (核スピン整列 ^{12}B 及び ^{12}N 核の β 崩壊測定による弱核子Gパリティ異常項の新存在限界)
論文審査委員	(主査) 教授 南園 忠則 (副査) 教授 岸本 忠史 教授 大坪 久夫 教授 長島 順清 教授 高橋 憲明 助教授 松多 健策

論文内容の要旨

G 変換は荷電共役変換と荷電空間の第二軸に対する 180° の回転変換との合成変換であり、荷電空間でのパリティ変換を意味する。例えば中性子の β 崩壊はこの変換の下で陽子の β 崩壊へと変換される。 β 崩壊のハミルトニアンにおいて、 G パリティ異常項として弱核子擬ベクトル流誘導テンソル項 f_T 知られているが、現在のところ比較的大きな実験誤差の範囲内でゼロである。しかし、一般に電磁相互作用で、また鏡映核間の質量の違いまたは u 、 d クォーク間の質量差に起因した小さな G パリティの破れが否定されたわけではない。

本実験では純粋に核スピン整列した質量数 $A=12$ 体系鏡映核 ^{12}B ($I^\pi=1^+$, $T_{1/2}=20\text{ms}$), ^{12}N ($I^\pi=1^+$, $T_{1/2}=11\text{ms}$) からの β 線角度分布整列相関項を測定し、新たに f_T の存在範囲を決定した。今回の実験における決定的な改良点は次の三点である。まず、スピン制御に不可欠な知見をもたらす ^{12}B (^{12}N) の Mg 金属中の超微細相互作用を完全に明らかにし、核偏極から整列への変換に伴う系統誤差を無くした。次に、信頼のおける結論を導き出すために実験的、理論的に系統的な補正及び誤差について精密に評価した。最後に計数を積み重ね統計誤差を小さくしたことである。

β 崩壊角度分布整列相関項 B_2 を鏡映核について計測すれば f_T を次の様に得る。

$$\left[\frac{f_T}{f_A}\right]_{\text{exp}} = a - \left[\left(\frac{1}{E} \frac{B_2(E)}{B_0(E)}\right)_{^{12}\text{B}} - \left(\frac{1}{E} \frac{B_2(E)}{B_0(E)}\right)_{^{12}\text{N}} \right] + \Delta y$$

ここで f_A は擬ベクトル流の主要項、 a は弱磁気項、 E は β 線のエネルギー、 Δy は ^{12}B 、 ^{12}N 間の荷電非対称性から発生する軸性電荷の非対称性である。 a は ^{12}B 、 ^{12}N と共にアイソスピン三重項をなす ^{12}C の励起状態からの γ 崩壊幅から実験的に得、 $a = (4.02 \pm 0.03) / 2M$ を用いた。

^{12}B (^{12}N) は阪大のバンデグラフにより加速されたビームを用いて核反応により生成した。反跳核は単結晶 Mg 中に外部強磁場の下で埋め込まれ、この時反跳角を制限し同時に核偏極を得た。次に、磁気モーメントと外部強磁場の磁氣的相互作用、四重極モーメントと結晶中電場勾配の電氣的相互作用の下でNMRを適用し偏極から整列への変換を行った。最後に整列した核からの β 線スペクトルを観測し、整列相関項を β 線のエネルギーの関数として得た。

得られた ^{12}B 、 ^{12}N の整列相関項双方に同時に理論曲線の χ^2 フィットを行った。フィッティングのパラメーターは

$2Mf_T/f_A$ と δ_y である。 δ_y は原子核構造に対する知見を与えるがこの論文では議論しない。 $2Mf_T/f_A$ の解析には Δy を理論的に取り入れた。この計算では最外殻核子の分離エネルギーを再現するモデルによって、 $\Delta y = 0.10 \pm 0.05$ を得た。よって f_T の存在範囲を次のように決定した。

$$2M \frac{f_T}{f_A} = +0.22 \pm 0.09(\text{stat}) \pm 0.15(\text{syst}) \pm 0.05(\text{theor.})$$

または

$$0.00 < 2M \frac{f_T}{f_A} < 0.44 (90\% \text{CL})$$

QCD Sum Rules を用いた理論計算は $2M f_T/f_A = +0.0152 \pm 0.0053$ と予言し、実験の下限と一致する。この計算の枠組みで $2M f_T/f_A$ は u クォークと d クォークの質量差に比例する。今回の実験結果は $2M f_T/f_A$ という量を通して、u, d クォークの質量差という形で原子核内にクォーク自由度を定量できる可能性を示唆している。

今回の実験結果が持つ比較的大きな系統的な誤差を小さくするために、現在新しい実験が進行中である。

論文審査の結果の要旨

^{12}B と ^{12}N β 崩壊の β 線角度分布におけるスピン整列依存項の相関係数を精密測定し、2 係数の差から軸性ベクトル流の誘導テンソル項 f_T を精度良く決定した。擬ベクトル流主要項 f_A との比として新しく $0.00 < (2M f_T/f_A) < 0.43$ (90%コンフィデンスレベル) を得て G-パリティ異常項が既知の値より更に小さい事が再確認された。M は核子質量である。又、新たに f_T が有限でありうることを示唆して、核内にクォーク質量差を見る方法を提案した。実験の為に独自のスピン制御技術も開発した。よって博士(理学)の学位論文として十分価値あるものと認める。